



TITLE:

# 流域一貫土砂管理のための水理構造物の機能評価と地形変動に関する研究

AUTHOR(S):

中川, 一

---

CITATION:

中川, 一. 流域一貫土砂管理のための水理構造物の機能評価と地形変動に関する研究. 2006

ISSUE DATE:

2006-06

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/85134>

RIGHT:

p.9-517は学術雑誌掲載論文の抜き刷り、出版社に著作権許諾が得られていないため未掲載。

---

# 流域一貫土砂管理のための水理構造物の 機能評価と地形変動に関する研究

---

14350265

平成 14 年度～17 年度科学研究費補助金  
(基盤研究(B)(2)) 研究成果報告書

京 都 大 学 図 書



1060665385

附 属 図 書 館

18 年 6 月

研究代表者 中 川 一

京都大学防災研究所 教授

---

流域一貫土砂管理のための水理構造物の  
機能評価と地形変動に関する研究

---

14350265

平成 14 年度～17 年度科学研究費補助金  
(基盤研究(B)(2)) 研究成果報告書

平成 18 年 6 月

研究代表者 中 川 一

京都大学防災研究所 教授

## はしがき

流域一貫の土砂管理の観点から、「流砂系」が唱えられ、土砂を「扞止」する砂防から土砂を「流す砂防」へと変化しつつある。そして、既にいくつかの流域では実際に「流す砂防」事業が開始されている。また、貯水池堆積土砂についても、浚渫あるいは掘削した堆積土砂をダムの下流に置土したり、サイフォンの原理を用いて排砂したり、バイパストンネルにより貯水池に土砂が入らないようにしたり、いろいろなアイデアを用いて下流に土砂を流す試みもなされている。このような状況にあつて、土砂を下流に流すことで河道がどのように変化するのか、河川構造物、とくに水制によって望ましい河道・河床形状や河床土砂環境が確保しえるのか、土砂の質と量の両面から検討することが求められている。好ましい川づくりや川の保全・再生にあたっては、これが可能な技術を開発することが特に重要であるとの観点から、本研究を企画し、つぎに挙げる課題について研究を行った。すなわち、1) 環境に配慮した砂防ダム等の機能評価と地形変動、2) 環境及び維持管理に配慮した砂防施設の開発とその機能評価、3) 流砂系が河川構造物の機能に与える影響評価、4) 河川環境と調和した河川構造物の水理機能の評価、5) 流砂系が海岸地形に与える影響評価、である。もちろん、土砂を流すことで、河床地形や河床粒度などが変化するのみでなく、これによって生態系が影響を受けるのは間違いない。本研究では生態系にとって好ましいであろうと思われる河床地形や河床粒度の多様性を意識しつつも、生態系への影響については研究の対象から基本的には除外していることを断っておく。なお、京都大学防災研究所附属穂高砂防観測所の試験流域に設置されている砂防ダムからの排砂がイワナの生息域の分布に与える影響については検討を加えている。

流域一貫の土砂管理を実施するには、適度な量の土砂と多様な粒径の土砂を下流に流すことがまず重要である。砂防ダムにおいては下流に対して有害な土砂を扞止し、それ以外の土砂は下流に流すような機能を有する格子型砂防ダムやスリット型の砂防ダムなど、オープンタイプの砂防ダムが有効である。そこで、本研究では土石流に含まれる大粒径の土砂によって格子型砂防ダムの開口部が閉塞する現象を考慮した 1 次元河床変動モデルを構築し、格子間隔や洪水規模の違いが砂防ダムの土砂調節効果に及ぼす影響について検討した。その結果、従来から水理模型実験を通して提案されてきた開口部の幅を安全側を見て最大粒径の 1.5 倍程度とすることの妥当性が数値解析モデルにより明らかにされた。

また、流域土砂管理においては土砂生産の実態を時系列的に解明し、土砂生産の量と質を知ることが重要である。そこで、土砂生産の観測を実施し、豪雨



での崩壊等による土砂生産が卓越しないような通常時では、凍結・融解によって土砂生産場の状態が土砂生産に大きな影響を及ぼし、降雨量とは相関が高くないことが明らかにされた。さらに、山地流域における豪雨時の降雨・土砂流出に関するモデル化を行い、モデルの妥当性を検証するための現地観測および模型実験を行った。土壌水分の消長を詳細に評価し得るモデル化を行っており、斜面崩壊の発生時期を精度よく評価しえることを模型実験で確認するとともに、地表面の被覆状態を考慮した表土の侵食モデルにより、流域からの流出流量や濁度が比較的良く再現できることが確認された。

砂防ダムのみならず貯水池堆砂土砂の有効な排砂法を確立することも土砂管理を実施するうえで重要である。そこで、水圧吸引土砂排除システムを考案し、排砂模型実験を実施してその有効性を示すとともに、水理モデルを構築し、排砂機能の評価を行った。この考え方をういた排砂管の設計法についても示すとともに、実際のダム貯水池での排砂実験を行って本システムの有効性を明らかにした。

下流への土砂供給によって洪水時には流砂が活発となり、沖積河川においては河道変動や河床変動などの地形変動が生じやすくなる。最近、流域の土砂管理の一環として、陸域化した砂州や高水敷を切り下げたり切り取ったりして昔の砂州の河原を再現し、生態系にとって好ましく、かつ、人間が水辺に近づけるような水辺空間を創出する河川整備事業が始まっている。このような水辺空間を創出する手段として水制がよく用いられる。水制の本来の目的は水刎ねによる河岸侵食防止や滞筋の確保等が主であるが、水制によって新たに砂州を河岸に付け、かつ、砂州そのものに地形的に多様性を持たすことを目的とした水理模型実験も実施されている。これにより、水制の配置の仕方、水制の形状、水制の高さと砂州の高さとの比などの違いにより、いわゆる「たまり」の形成に代表される地形の多様性が変化することがわかり、ここでの成果が多様性の与え方の指標につながると期待される。

一方、水理構造物周辺の地形変動予測については、非構造格子を用いた有限体積法による移動床流れの3次元解析モデルを構築し、本モデルを用いた数値解析により、ワンド群等が存在する場での水理模型実験結果をよく再現できることが分かった。さらに、洪水時の河道変動の分析やバンドルをはじめとする伝統的河川工法の機能評価についても成果をあげている。

「流域一貫土砂管理のための水理構造物の機能評価と地形変動に関する研究」という課題で平成14年度から平成17年度までの4年間の長きにわたり科学研究費補助金（基盤研究（B）（2））の補助を得たことに対し、関係各位に心より深甚の謝意を表する次第である。

本研究で得られた成果が関連する研究や実務の一助になれば幸いである。

## 研究組織

研究代表者：中川 一（京都大学防災研究所教授）

研究分担者：高橋 保（京都大学防災研究所教授）

（定年退職により平成 14 年度まで）

研究分担者：澤田豊明（京都大学防災研究所助教授）

研究分担者：石垣泰輔（京都大学防災研究所助教授）

（平成 17 年度より関西大学工学部教授）

研究分担者：上野鉄男（京都大学防災研究所助手）

研究分担者：里深好文（京都大学防災研究所助手）

（平成 15 年度より京都大学農学研究科助教授）

研究分担者：武藤裕則（京都大学防災研究所助手）

研究分担者：馬場康之（京都大学防災研究所助手）

## 交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合 計
平成 14 年度	4,400	0	4,400
平成 15 年度	4,800	0	4,800
平成 16 年度	3,300	0	3,300
平成 17 年度	2,800	0	2,800
総 計	15,300	0	15,300

## 研究発表

### (1) 学会誌等

武藤裕則・馬場康之・藤田一郎・綾 史郎：わんどの形成過程に関する一考察 —死水域の流速分布—，河川技術論文集，第 8 巻，6 月，2002，pp.383-388.

..... 9

Muto, Y., Baba, Y. and Fujita, I. : Velocity measurements in rectangular embayments attached to a straight open channel, Proc. of the First International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2002), 2002, pp.1213-1219.

..... 15

Baba, Y., Larson, M., Hanson, H. and Yamashita, T. : Simulation of coastal evolution using an N-line model including wind-induced currents, Proc. of the 28<sup>th</sup> International Conference on Coastal Engineering, Vol.1, 2002.

..... 22

藤田正治・澤田豊明・水山高久：山地流域における濁度変化と土砂動態，水工学論文集，第

47 卷, 2 月, 2003, pp.739-744.	..... 35
木下篤彦・藤田正治・水山高久・澤田豊明: 排砂に伴う濁水によるイワナへの影響評価法, 水工学論文集, 第 47 卷, 2 月, 2003, pp.1129-1134.	..... 41
里深好文・高橋 保: 斜面崩壊を起因とする土石流に関する数値シミュレーション, 水工学論文集, 第 47 卷, 2 月, 2003, pp.583-588.	..... 47
藤田一郎・武藤裕則・嶋津良郎・椿 涼太・綾 史郎: LSPIV 法による水制周辺部の平水時および洪水時流れに関する検討, 水工学論文集, 第 47 卷, 2 月, 2003, pp.943-948.	..... 53
Rahman, M. M., Nakagawa, H., Ishigaki, T. and Khaleduzzaman, ATM: Channel stabilization using bandalling, Annuals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., No.46 B, April, 2003, pp.613-618.	..... 59
藤田正治・澤田豊明・水山高久: 山地小流域における土砂動態のモニタリング手法, 京大防災研年報, 第 46 号 B, 4 月, 2003, pp.213-223.	..... 65
上野鉄男: 余笹川の 1998 年 8 月水害と治水対策について, 京大防災研年報, 第 46 号 B, 4 月, 2003, pp.591-612.	..... 76
Ishigaki, T. and Endo, A.: Characteristics of flow and bed form in skewed open channel, Proc. of the International Symposium on Shallow Flows, Delft, June, 2003, Part II, pp.35-40.	..... 98
武藤裕則・北村耕一・Khaleduzzaman, A.T.M.・中川 一: 水制周辺部の河床変形に関する実験的検討, 河川技術論文集, 第 9 卷, 6 月, 2003, pp.197-200.	..... 104
Zhang, H., Nakagawa, H., Ishigaki, T. and Muto, Y.: Sediment transport and bed evolution modeling of the Yodo River system, Proc. of the 5th International Summer Symposium, Tokyo, Japan, July, 2003, pp.173-176.	..... 108
Nakagawa, H., Takahashi, T., Satofuka, Y. and Kawaike, K. Numerical simulation of sediment disasters caused by heavy rainfall in the Camuri Grande basin, Venezuela 1999, Proc. of the 3rd International Conference on Debris-flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment, Davos, Switzerland, Sep., 2003, pp.671-682.	..... 112
Nakagawa, H. and Zhang, H.M.: Modeling of total sediment load transport in alluvial rivers, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.48, Feb., 2004, pp.931-936.	..... 124
Rahman, M.M., Nakagawa, H. and Haque, A.: Scouring around spur-dikes in alluvial floodplain rivers, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.48, Feb., 2004, pp.1075-1080.	..... 130
里深好文: ハイブリッド土石流モデルによる平成 15 年水俣市集川の土石流に関する再現計算, 水工学論文集, 第 48 卷, 2 月, 2004, pp.925-930.	..... 136
藤田正治・澤田豊明・志田正雄・伊藤元洋: 山地流域における土砂生産 —高原川流域における観測研究—, 京大防災研年報, 第 47 号 B, 4 月, 2004, pp.143-150.	..... 142
上野鉄男: 余笹川流域の 1998 年 8 月水害の研究, 京大防災研年報, 第 47 号 B, 4 月, 2004, pp.545-564.	..... 150
Fujita, I., Muto, Y., Shimazu, Y., Tsubaki, R. and Aya, S.: Velocity measurements around non-submerged and submerged spur dykes by means of large-scale particle image velocimetry, Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering, Vol.22, No.1, May, 2004, pp.51-61.	

	.....	170
Ishigaki, T., Ueno, T., Rahman, M.M. and Khaleduzzaman A.T.M.: Scouring and flow structure around an attracting groin, Proc. of the Second International Conference on Fluvial Hydraulics (River Flow 2004), Vol.1, Naples, Italy, June, 2004, pp.521-525.		
	.....	181
Nakagawa, H., Zhang, H., Ishigaki, T. and Muto, Y. : Prediction of 3D flow field with non-linear $k-\varepsilon$ model based on unstructured mesh, Journal of Applied Mechanics, Vol.7, Aug., 2004, pp.1077-1088.		
	.....	186
Baba, Y., Yamashita, T. and Kato, S. : Relation between sea surface stress and whitecap dissipation in the shoaling zone, Proc. of the 29 <sup>th</sup> International Conference on Coastal Engineering, Vol.3, 2004.		
	.....	198
Nakagawa, H., Zhang, H. and Muto, Y. : Modeling of sediment transport in alluvial rivers with spur dykes, Proc. of the 9th International Symposium on River Sedimentation, Oct., 2004, pp.1484-1491.		
	.....	209
Kimura, I., Ishigaki, T. and Hiroe, M. : Numerical simulation of 3D turbulent flow structures around an attracting groin with local scour, Proc. of the 2 <sup>nd</sup> International Conference on SCOUR and EROSION, Singapore, Nov., 2004, pp.115-122.		
	.....	217
Ishigaki, T. and Baba, Y. : Local scour induced by 3D flow around attracting and deflecting groins, Proc. of the 2 <sup>nd</sup> International Conference on SCOUR and EROSION, Singapore, Nov., 2004, pp.301-308.		
	.....	225
岡野眞久・俣野文孝・片山裕之・田島芳満・中川 一 : 水圧吸引土砂排除システムの排砂機能に関する研究, ダム工学, Vol.14, No.4, ダム工学会, 12 月, 2004, pp.237-249.		
	.....	233
【2005 年】		
Zhang, H., Nakagawa, H., Ishigaki, T., Muto, Y. and Khaleduzzaman, ATM :Flow and bed deformation around a series of impermeable and permeable spur dykes, Proc. of the International Conference on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters, Jan., 2005, pp.197-202.		
	.....	246
Sharma R. H. and Nakagawa, H. :Shallow landslide induced by transient rainfall, Proc. of the International Conference on Monitoring, Prediction and Mitigation of Water-Related Disasters, Jan., 2005, pp.507-512.		
	.....	252
武藤裕則・北村耕一・馬場康之・中川 一 : ADCP を用いた水制域における流速分布計測, 水工学論文集, 第 49 巻, 2 月, 2005, pp. 637-642.		
	.....	258
大石 哲・佐山敬洋・中川 一・里深好文・武藤裕則・Dian Sisinggih・砂田憲吾 : 雨滴粒径分布を考慮した雨滴衝撃エネルギー算出方法の開発と局所的土砂生産量との関係に関する研究, 水工学論文集, 第 49 巻, 2 月, 2005, pp.1087-1092.		
	.....	264
藤田正治・澤田豊明・志田正雄・伊藤元洋 : 高原川流域における土砂生産特性, 水工学論文集, 第 49 巻, 2 月, 2005, pp.1075-1080.		
	.....	270
Zhang, H., Nakagawa, H., Ishigaki, T. and Muto, Y. :Prediction of 3D flow field and local scouring around spur dykes, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.49, Feb., 2005, pp.1003-1008.		
	.....	276
Sharma, R.H. and Nakagawa, H. : Predicting timing and location of rainfall triggering shallow landslides, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.49, Feb., 2005, pp.43-48.		



- ..... 282  
 Rhaman, M.M., Nakagawa, H., Khaleduzzaman, ATM, and Ishigaki, T. :Formation of navigational channel using Bandal-like structures, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.49, Feb., 2005, pp.997-1002.
- ..... 288  
里深好文・水山高久：格子型ダムによる土石流の調節に関する数値解析，砂防学会誌，Vol. 57, No. 6, 2005, pp. 21-27.
- ..... 295  
 Zhang, H., Nakagawa, H., Ishigaki, T. and Muto, Y.: A RANS solver using a 3D unstructured FVM procedure, Annuals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., No.48 B, April, 2005, pp.691-707.
- ..... 302  
 Sharma R.H. and Nakagawa, H. : Shallow landslide modeling for heavy rainfall events, Annuals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto Univ., No.48 B, April, 2005, pp.683-690.
- ..... 319  
里深好文・水山高久：砂防ダムが設置された領域における土石流の流動・堆積に関する数値計算，砂防学会誌，Vol. 58, No. 1, 2005, pp. 14-19.
- ..... 327  
 内尾政人・中川 一・澤田豊明・横山康二・上杉満昭・福田義徳：画像処理方式による礫床河川の粒度分布測定装置の開発，砂防学会誌，Vol. 58, No. 2, 2005, pp. 26-31.
- ..... 333  
上野鉄男・石垣泰輔：足羽川山地流域における 2004 年水害について，京大防災研年報，第 48 号 B, 4 月, 2005, pp.657-671.
- ..... 339  
武藤裕則・北村耕一・中川 一：水制群による砂州上わんど・たまりの形成に関する実験的検討，河川技術論文集，第 11 巻, 6 月, 2005, pp.417-422.
- ..... 354  
 Zhang, H., Nakagawa, H., Ishigaki, T., Muto, Y. and Baba, Y. :Three-dimensional mathematical modeling of local scour, Jour. of Applied Mechanics, JSCE, Vol.8, Aug., 2005, pp.803-812
- ..... 360  
Muto, Y., Baba, Y. and Nakagawa, H. : Velocity measurements in a straight river with a series of groynes by a ship-mounted ADCP, Proc. of the XXXI IAHR congress, Seoul, Korea, Sep., 2005, pp.455-465.
- ..... 370  
 Rahman, M.M., Nakagawa, H., Haque, A., Islam, T. and Ishigaki, T. : A sustainable solution for the stabilization of navigational channels in floodplain environment, Proc. of the XXXI IAHR congress, Seoul, Korea, Sep., 2005, pp.5228-5236.
- ..... 381  
 Zhang, H., Nakagawa, H. and Ishigaki, T. :Mathematical modeling of 3D flow and local scour based on moving unstructured mesh, Proc. of the 10th Conference on Achievements in Scientific Research of Chinese Scholars in Japan, Osaka, Nov., 2005, pp.479-486.
- ..... 390  
上野鉄男：余笹川流域の 1998 年水害の発生構造について，自然災害科学，Vol. 24, No. 3, pp. 303-321.
- ..... 398  
Nakagawa, H., Satofuka, Y., Muto, Y., Ohishi, S., Sayama, T. and Takara, K. :On sediment yield and transport in the Lesti River basin, a tributary of the Brantas River, Indonesia,-Experiences from field observations and remotely sensed data-, Proc. of the International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Dec. 2005, Kyoto, CD-ROM.
- ..... 417  
Muto, Y. and Nakagawa, H. :An experimental study on flow and bed evolution in a curved open channel with a series of groynes, Proc. of the International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Dec. 2005, Kyoto, CD-ROM.
- ..... 427

Baba, Y., Yamashita, T. and Nakagawa, H. : Longshore currents under storm conditions in offshore region, Proc. of the International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Dec. 2005, Kyoto, CD-ROM.	..... 435
Zhang, H., Nakagawa, H., Muto, Y. and Baba, Y. : Flow and sediment transport around groins under live-bed scour condition, Proc. of the International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Dec. 2005, Kyoto, CD-ROM.	..... 440
Sharma, R. H. and Nakagawa, H. : Simulation of water and sediment flow in Hodaka River basin, Proc. of the International Symposium on Fluvial and Coastal Disasters, Dec. 2005, Kyoto, CD-ROM.	..... 449
中川 一・小野正人・小田将広・西島真也 : 横断平均流速の測定と流速分布の数値シミュレーションを組み合わせた流量測定技術の開発と大河川での実地検証, 水工学論文集, 第 50 巻, 2 月, 2006, pp.709-714.	..... 458
里深好文 : 斜面崩壊プロセスが土砂流出に与える影響に関する研究, 水工学論文集, 第 50 巻, 2 月, 2006, pp.1057-1162.	..... 464
藤田正治・里深好文・江頭進治 : クルド火山噴火後のブランタス川における河床変動および河床材料の変化特性, 水工学論文集, 第 50 巻, 2 月, 2006, pp.1003-1008.	..... 470
武藤裕則・中川 一 : 水制の形状が砂州地形の擾乱に及ぼす影響に関する実験的検討, 水工学論文集, 第 50 巻, 2 月, 2006, pp.847-852.	..... 476
Ishigaki, T., Shiono, K. and Chan, T. : Bedforms and sediment transport rates in meandering channel influenced by floodplain roughness, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.50, Feb., 2006, pp.175-180 (CD-ROM).	..... 482
Sharma, R.H., Nakagawa, H., Baba, Y., Muto, Y. and Ano, M. : Laboratory experiments on moisture content variation and landslides caused by transient rainfall, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.50, Feb., 2006, pp.151-156 (CD-ROM).	..... 488
Rahman, M.M., Nakagawa, H., Ito, N., Haque, A., Islam, T., Rahman, M.R. and Hoque, M.M. : Prediction of local scour depth around Bandal-like structures, Annual Journal of Hydraulic Engineering, JSCE, Vol.50, Feb., 2006, pp.163-168 (CD-ROM).	..... 494

## (2) 口頭発表

木下篤彦・藤田正治・水山高久・澤田豊明 : 排砂による土砂堆積がイワナの生息分布に及ぼす影響, 平成 15 年度砂防学会研究発表概要集, 5 月, 2003, pp.74-75.	..... 500
新原伸栄・藤田正治・水山高久・澤田豊明 : 排砂によるプールの土砂堆積と侵食, 平成 15 年度砂防学会研究発表概要集, 5 月, 2003, pp.82-83.	..... 502
山本恭子・水山高久・藤田正治・澤田豊明 : 山地流域における水・土砂動態のモニタリング, 平成 15 年度砂防学会研究発表概要集, 5 月, 2003, pp.242-243.	..... 504
佐々木美紀・里深好文・水山高久・澤田豊明 : 山岳地域における高密度降雨観測, 平成 16 年度砂防学会研究発表概要集, 5 月, 2004, pp.274-275.	..... 506

澤田豊明・藤田正治：穂高砂防観測所における流砂系モニタリング，平成 16 年度砂防学会研究発表概要集，5 月，2004，pp.300-301.

..... 508

伊藤元洋・藤田正治・澤田豊明・志田正雄：ヒル谷における土砂生産量とその変化特性，平成 16 年度砂防学会研究発表概要集，5 月，2004，pp.304-305.

..... 510

新原伸栄・藤田正治・水山高久・澤田豊明：階段状河床におけるプールへの土砂堆積とその侵食，平成 16 年度砂防学会研究発表概要集，5 月，2004，pp.324-325.

..... 512

木下篤彦・藤田正治・水山高久・澤田豊明：排砂による河床変動が溪流魚の生息分布に与える影響，平成 16 年度砂防学会研究発表概要集，5 月，2004，pp.378-379.

..... 514

鶴田謙治・大津洋介・長谷川雄久・村中重仁・藤田正治・澤田豊明：排砂時の下流 DO 低下要因 —蒲田川ヒル谷堰堤還元堆積物の事例—，平成 16 年度砂防学会研究発表概要集，5 月，2004，pp.380-381.

..... 516

## 研究成果による工業所有権の出願・取得状況

発明の名称：砂礫測定装置及び測定方法

発明者：中川一（京都大学防災研究所）・内尾政人（JFE アドバンテック株式会社）

出願人：国立大学法人京都大学・JFE アドバンテック株式会社

出願番号：特願 2004-260273(P2004-260273)

出願日：平成 16 年 9 月 7 日 (2004.9.7)

公開特許：特開 2006-78234(P2006-73234A)

公開日：平成 18 年 3 月 23 日(2006.3.23)